

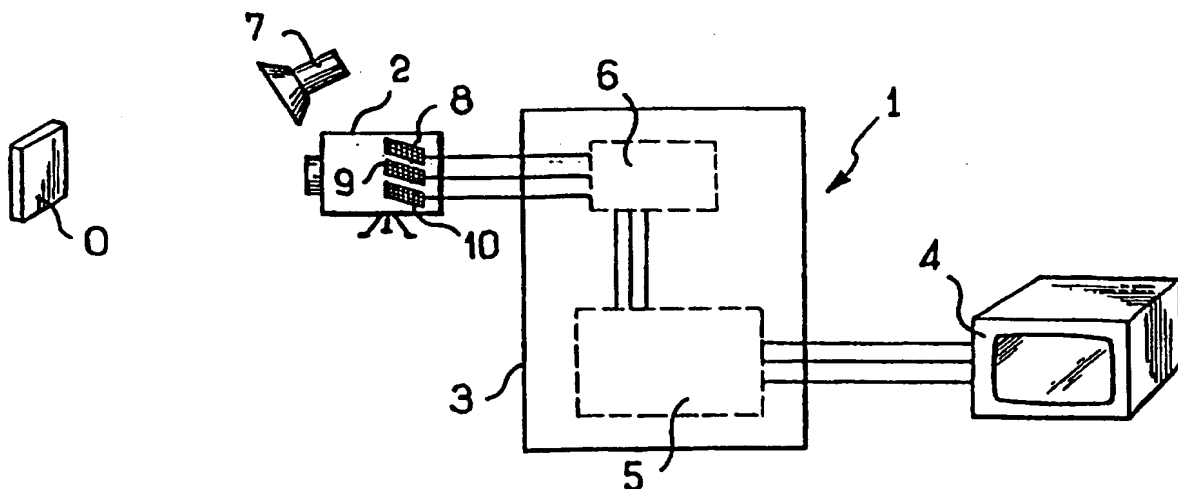


DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁶ : G01J 3/50	A2	(11) Numéro de publication internationale: WO 97/44642 (43) Date de publication internationale: 27 novembre 1997 (27.11.97)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR97/00911 (22) Date de dépôt international: 23 mai 1997 (23.05.97)	(81) Etats désignés: AU, CA, JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
<p>(30) Données relatives à la priorité: 96/06425 23 mai 1996 (23.05.96) FR</p> <p>(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): L'OREAL [FR/FR]; 14, rue Royale, F-75008 Paris (FR).</p> <p>(72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): CAISEY-BLUTEAU, Laurence [FR/FR]; 32, rue Germain Pilon, F-95240 Cormeilles en Parisis (FR). AUBERT, Johan [FR/FR]; 20, rue Fanny, F-92110 Clichy (FR).</p> <p>(74) Mandataire: LESZCZYNSKI, André; Nony & Associés, 29, rue Cambacérès, F-75008 Paris (FR).</p>	<p>Publiée <i>Sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport.</i></p>	

(54) Title: COLOUR MEASURING METHOD AND DEVICE

(54) Titre: PROCEDE ET DISPOSITIF DE MESURE DE LA COULEUR



(57) Abstract

The invention features a colour measuring device comprising: an acquisition system (2, 6) comprising a video-camera (2), and processing means (5) arranged to determine on the basis of the camera-supplied signals the trichromatic components (X, Y, Z) of the colour of the object in a reference colorimetric system (XYZ) using a transfer matrix (M) for switching from the colorimetric system linked to the said acquisition system to the reference colorimetric system and a correction function Γ of non-linearities of the said acquisition system.

(57) Abrégé

L'invention concerne un dispositif de mesure de la couleur comportant: une chaîne d'acquisition (2, 6) incluant une caméra vidéo (2) et des moyens de traitement (5) agencés pour déterminer à partir des signaux délivrés par la caméra les composantes trichromatiques (X, Y, Z) de la couleur de l'objet dans un système colorimétrique de référence (XYZ) en utilisant une matrice (M) de passage du système colorimétrique lié à ladite chaîne d'acquisition vers le système colorimétrique de référence et une fonction de correction l' des non-linéarités de ladite chaîne d'acquisition.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brsil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

PROCEDE ET DISPOSITIF DE MESURE DE LA COULEUR.

La présente invention concerne un dispositif et un procédé de mesure de la couleur.

Il est connu d'utiliser pour mesurer la couleur d'un objet opaque un colorimètre comprenant une source lumineuse pour illuminer l'objet, un dispositif optique d'analyse de la lumière réfléchiée par cet objet et des moyens de calcul pour déterminer, à partir de signaux délivrés par le dispositif optique d'analyse, les composantes trichromatiques X, Y et Z de la couleur de l'objet dans un système colorimétrique de référence, par exemple celui adopté en 1931 par la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE).

Le dispositif optique d'analyse comporte des moyens pour diviser la lumière réfléchiée par l'objet en trois faisceaux traversant chacun un système filtrant et aboutissant sur une cellule photoélectrique associée.

Ce type de colorimètre connu présente l'inconvénient de nécessiter un contact direct du dispositif optique d'analyse avec l'objet dont on désire mesurer la couleur, et de ne pas être adapté à effectuer une mesure à distance de la couleur d'un objet ou une mesure de la couleur d'un objet non opaque diffusant ou absorbant la lumière tout en laissant passer une partie, tel que la peau ou certains plastiques ou produits de maquillage.

Pour pallier ces inconvénients, on a cherché à mesurer la couleur au moyen d'une caméra vidéo.

Toutefois, à la connaissance de la société déposante, il n'existe pas encore de dispositif de mesure à distance de la couleur d'un objet, notamment non opaque, qui soit susceptible de permettre une mesure précise, fiable et rapide, de la couleur tout en restant d'un coût relativement modéré.

La présente invention a notamment pour objet de proposer un nouveau dispositif de mesure de la couleur, de tout type d'objet, mettant en oeuvre une caméra vidéo, qui permette une mesure précise, fiable et rapide, de la

couleur tout en étant relativement peu coûteux et d'une utilisation aisée.

L'invention y parvient grâce à un dispositif de mesure de la couleur, comportant :

- 5 - une chaîne d'acquisition incluant une caméra vidéo, ladite chaîne d'acquisition étant apte à délivrer des signaux représentatifs des composantes trichromatiques de la couleur d'un objet, placé dans le champ d'observation de la caméra, dans un système colorimétrique lié à ladite
-
- 10 chaîne d'acquisition, et
- des moyens de traitement agencés pour déterminer, à partir desdits signaux, les composantes trichromatiques de la couleur de l'objet dans un système colorimétrique de référence en utilisant une matrice de
- 15 passage du système colorimétrique lié à ladite chaîne d'acquisition vers le système colorimétrique de référence et une fonction de correction des non-linéarités de ladite chaîne d'acquisition, ladite matrice de passage et ladite fonction de correction étant calculées par un processus
- 20 itératif à partir des composantes trichromatiques connues dans le système colorimétrique de référence de trois couleurs primaires et d'au moins deux niveaux de gris et des composantes trichromatiques correspondantes des mêmes couleurs et niveaux de gris dans le système colorimétrique
- 25 lié à ladite chaîne d'acquisition, obtenues à partir de l'observation par ladite caméra vidéo desdites couleurs primaires et desdits niveaux de gris.

Dans un exemple de réalisation préféré de l'invention, le dispositif comporte en outre une chaîne de

30 visualisation pour restituer tout ou partie de l'image observée par la caméra vidéo après traitement, par ladite fonction de correction, desdits signaux délivrés par ladite chaîne d'acquisition.

De préférence, ladite chaîne de visualisation

35 comporte un dispositif de visualisation à tube cathodique.

Avantageusement, le dispositif comporte une source lumineuse pour éclairer l'objet placé dans le champ d'observation de la caméra, cette source présentant un

spectre d'émission continu $I(\lambda)$ choisi de manière à se rapprocher d'un illuminant de référence $D(\lambda)$.

La caméra comportant un ensemble de filtres optiques de spectres $FR(\lambda)$, $FV(\lambda)$ et $FB(\lambda)$ pour décomposer
5 sur les capteurs de cette caméra l'image observée en images
~~de couleurs primaires, on filtre avantageusement la source~~
par un ou plusieurs filtres dont la fonction de filtrage résultante $F(\lambda)$ est choisie de manière à minimiser l'erreur des écarts entre les produits $D(\lambda)x(\lambda)$, $D(\lambda)y(\lambda)$, $D(\lambda)z(\lambda)$ et
10 une combinaison linéaire des produits

$$F(\lambda).I(\lambda).FR(\lambda), \quad F(\lambda).I(\lambda).FV(\lambda), F(\lambda).I(\lambda).FB(\lambda)$$

où $x(\lambda)$, $y(\lambda)$ et $z(\lambda)$ sont les coordonnées trichromatiques spectrales dans le système colorimétrique de référence.

De préférence, ledit illuminant de référence est
15 l'illuminant de spectre $D_{65}(\lambda)$ de la CIE.

L'invention a encore pour objet un procédé de mesure de la couleur d'un objet à partir d'une chaîne d'acquisition incluant une caméra vidéo apte à délivrer des signaux représentatifs des composantes trichromatiques,
20 dans un système colorimétrique lié à ladite chaîne d'acquisition, de la couleur d'un objet placé dans le champ d'observation de la caméra, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à :

- placer successivement ou simultanément dans le
25 champ d'observation de la caméra trois couleurs primaires et au moins deux niveaux de gris, les composantes trichromatiques desdites couleurs primaires et desdits niveaux de gris étant connues dans un système colorimétrique de référence,

30 - calculer par un processus itératif, à partir desdites composantes trichromatiques dans ledit système colorimétrique de référence et des composantes trichromatiques correspondantes dans le système colorimétrique lié à ladite chaîne d'acquisition, obtenues
35 à partir de l'observation par ladite caméra vidéo desdites couleurs primaires et desdits niveaux de gris, une matrice

de passage du système colorimétrique lié à la chaîne d'acquisition vers le système colorimétrique de référence et une fonction de correction des non-linéarités de ladite chaîne d'acquisition,

- 5 - déterminer, en utilisant ladite matrice de passage et ladite fonction de correction ainsi calculées, les composantes trichromatiques dans le système colorimétrique de référence de la couleur d'un objet placé dans le champ d'observation de la caméra.

- 10 Avantageusement, dans ce procédé, on visualise en outre au moyen d'une chaîne de visualisation la couleur de l'objet après correction des non-linéarités de la chaîne d'acquisition.

- 15 Avantageusement, on corrige en outre, dans ce procédé, les non-linéarités de la chaîne de visualisation.

Dans un exemple particulier de mise en oeuvre du procédé selon l'invention, la chaîne de visualisation comprend un dispositif de visualisation à tube cathodique.

- 20 Dans un exemple particulier de mise en oeuvre du procédé selon l'invention, on détermine une fonction de correction des non-linéarités de la chaîne de visualisation en :

- 25 - affichant deux zones d'une même couleur mais avec des luminances susceptibles d'être différentes, la couleur de l'une des zones étant obtenue par une juxtaposition de pixels de niveaux de commande distincts et la couleur de l'autre zone étant obtenue par un ensemble de pixels de même niveau de commande correspondant à la moyenne des niveaux de commande des pixels de l'autre zone,
- 30 - rendant égales les luminances des deux zones pour un observateur en agissant sur le niveau de commande des pixels de l'une des zones.

- 35 On déduit de la valeur des niveaux de commande des pixels de chacune desdites zones avant et après égalisation des luminances une information pour le calcul de ladite fonction de correction des non-linéarités de la chaîne de visualisation.

De préférence, l'une des zones est tramée.

Avantageusement, cette zone qui est tramée comporte une trame sur deux qui est noire.

Dans le cas où la chaîne de visualisation comporte un dispositif de visualisation à tube cathodique, lors d'une transition du niveau de commande des pixels d'une même trame entraînant une variation de luminance entre au moins un pixel de cette trame et le pixel immédiatement suivant, eu égard au sens de balayage de la trame, on choisit avantageusement le niveau de commande dudit pixel immédiatement suivant en fonction de la vitesse de variation du signal de commande du faisceau d'électrons atteignant les pixels situés sur une même trame lorsque le niveau de commande desdits pixels varie.

Pour déterminer la correction à apporter pour tenir compte de la vitesse de variation du signal de commande du faisceau d'électrons atteignant les pixels situés sur une même trame, on peut avantageusement procéder comme suit.

On affiche deux zones d'une même couleur mais avec des luminances susceptibles d'être différentes, la couleur de l'une des zones étant obtenue par une juxtaposition sur une même trame de pixels de niveaux de commande distincts et la couleur de l'autre zone étant obtenue par un ensemble de pixels de même niveau de commande, puis on rend égales les luminances des deux zones pour un observateur en agissant sur le niveau de commande de la luminance des pixels de l'une des zones.

On déduit de la valeur des niveaux de commande de la luminance des pixels de chacune desdites zones avant et après égalisation une information pour le calcul de la correction à apporter pour tenir compte de la vitesse de variation du signal de commande du faisceau d'électrons atteignant les pixels situés sur une même trame lorsque le niveau de commande des pixels varie.

De préférence, la zone formée par la juxtaposition de pixels de luminances distinctes comporte un pixel sur deux, dans le sens du balayage, dont la

luminance est commandée à un niveau différent de celui du pixel précédent.

L'invention a encore pour objet un procédé de correction de la réponse d'un dispositif de visualisation comportant des trames de pixels, selon lequel lors d'une transition du niveau de commande des pixels d'une même trame entraînant une variation de luminance entre au moins un pixel de cette trame et le pixel immédiatement suivant, eu égard au sens de balayage de la trame, on choisit le niveau de commande dudit pixel immédiatement suivant en fonction de la vitesse de variation de la luminance des pixels situés sur une même trame lorsque le niveau de commande desdits pixels varie.

Avantageusement, on détermine une fonction de correction des non-linéarités de ce dispositif de visualisation en :

- affichant deux zones d'une même couleur mais avec des luminances susceptibles d'être différentes, la couleur de l'une des zones étant obtenue par une juxtaposition de pixels de niveaux de commande distincts et la couleur de l'autre zone étant obtenue par un ensemble de pixels de même niveau de commande,

- en rendant égales les luminances des deux zones pour un observateur en agissant sur le niveau de commande des pixels de l'une des zones, et

- en déduisant de la valeur des niveaux de commande des pixels de chacune desdites zones une information pour le calcul de ladite fonction de correction des non-linéarités du dispositif de visualisation.

Dans un mode particulier de mise en oeuvre de ce procédé, la zone composée de pixels de niveaux de commande distincts est tramée.

Avantageusement, cette zone tramée comporte une trame sur deux qui est noire.

Dans un autre mode particulier de mise en oeuvre du procédé, la zone composée de pixels de niveaux de commande distincts comporte un pixel sur deux, à chaque

trame, dont le niveau de commande est différent de celui du pixel précédent sur cette trame.

Par ailleurs, dans un exemple particulier de mise en oeuvre d'un procédé selon l'invention, le processus itératif précité comporte les étapes consistant à :

- calculer une matrice de passage approchée à partir des composantes trichromatiques connues desdites couleurs primaires et desdits niveaux de gris et d'une fonction de correction approchée,
- calculer une nouvelle fonction de correction approchée en utilisant la matrice de passage approchée ainsi calculée et les composantes trichromatiques connues desdits niveaux de gris et en interpolant les valeurs manquantes,
- recommencer le calcul de la matrice de passage approchée et de la fonction de correction approchée jusqu'à atteindre un seuil de convergence fixé.

En variante, le processus itératif comprend les étapes consistant à :

- calculer une fonction de correction approchée à partir des composantes trichromatiques connues desdites couleurs primaires et desdits niveaux de gris et d'une matrice de passage approchée,
- calculer une nouvelle matrice de passage approchée en utilisant les composantes trichromatiques connues desdits niveaux de gris et en interpolant les valeurs manquantes,
- recommencer le calcul de la fonction de correction approchée et de la matrice de passage approchée jusqu'à atteindre un seuil de convergence fixé.

Avantageusement, on corrige en outre l'inhomogénéité de l'éclairement par la source de l'objet et les aberrations optiques de la caméra en mesurant la luminance de l'image en différents points et en la comparant avec la luminance en point de référence, par exemple le centre de l'image.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, d'un exemple de

réalisation non limitatif de l'invention, et à l'examen du dessin annexé sur lequel :

- la figure 1 est une vue schématique d'un dispositif de mesure de la couleur conforme à un exemple de réalisation de l'invention,

- la figure 2 est une modélisation de la chaîne d'acquisition,

- la figure 3 est une modélisation du traitement conduisant à la détermination des composantes trichromatiques dans le système colorimétrique de référence,

- la figure 4 est un organigramme illustrant le processus de calcul itératif de la matrice de passage et d'une fonction de correction des non-linéarités de la chaîne d'acquisition,

- la figure 5 est une modélisation du traitement conduisant à la détermination de composantes trichromatiques corrigées dans le système colorimétrique lié à la chaîne de visualisation,

- la figure 6 est une modélisation du traitement des signaux d'entrée dans un dispositif de visualisation à tube cathodique,

- les figures 7 et 8 représentent deux mires servant au calibrage de la chaîne de visualisation et,

- les figures 9 et 10 illustrent schématiquement la variation de la luminance des pixels d'une même trame en fonction de la variation du niveau de commande de ces pixels, respectivement sans et avec correction anticipée pour tenir compte de la vitesse de variation du signal de commande du faisceau d'électrons atteignant les pixels lorsque le niveau de commande varie.

On a représenté sur la figure 1 un dispositif 1 conforme à un exemple de réalisation non limitatif de l'invention, permettant de mesurer à distance la couleur d'un objet 0.

Le dispositif 1 comporte une caméra vidéo 2, un micro-ordinateur 3 et un dispositif de visualisation à tube cathodique 4.

La caméra 2 comporte trois capteurs 8, 9 et 10 du type CCD, aptes à délivrer respectivement des signaux électriques sous forme analogique V_R , V_V et V_B représentatifs des niveaux de rouge, de vert et de bleu en
5 chaque point de l'image telle qu'observée et analysée par la caméra 2, de façon connue en soi.

~~Une source lumineuse 7 permet d'éclairer l'objet~~
O placé dans le champ de la caméra 2. Avantageusement, on utilise une source lumineuse au xénon qui permet de se
10 rapprocher du spectre $D_{65}(\lambda)$ défini par la CIE.

Le micro-ordinateur 3 comporte une unité centrale 5 et un convertisseur analogique/numérique 6 à trois voies, relié à l'unité centrale 5 et permettant de convertir sous une forme numérique les signaux analogiques V_R , V_V et V_B
15 délivrés par la caméra 2.

Les signaux convertis sous forme numérique et respectivement notés R, V et B sont ensuite envoyés à l'unité centrale 5.

Dans l'exemple particulier décrit, les signaux R, V et B sont codés chacun sur 8 bits et les données acquises
20 par la caméra sont en chaque point de l'image constituées par un triplet (R,V,B) de trois nombres entiers compris entre 0 et 255.

Bien entendu, on ne sort pas du cadre de
25 l'invention en codant les signaux sur un nombre différent de bits.

La caméra 2 et le convertisseur 6 constituent une chaîne d'acquisition que l'on a modélisée sur la figure 2.

Le spectre lumineux réfléchi en chaque point de
30 l'objet O observé par la caméra est le produit du spectre de la source lumineuse $I(\lambda)$ et du spectre de réflectance $Re(\lambda)$ en ce point.

Le système optique de la caméra 2 comporte trois filtres optiques de spectres respectifs $FR(\lambda)$, $FV(\lambda)$ et
35 $FB(\lambda)$ pour décomposer sur les capteurs CCD 8, 9 et 10 l'image observée par la caméra en images de couleurs primaires rouge, vert et bleu.

L'ensemble des composants électroniques de la chaîne d'acquisition introduit un bruit qui peut se décomposer en une composante alternative et une composante continue BR, BV et BB respectivement pour chacune des
5 voies.

Les niveaux bas et haut de digitalisation de chaque voie 11,12 ou 13 du convertisseur 6 sont réglables.

Le réglage du niveau bas de digitalisation de chaque voie est effectué de manière à éliminer la
10 composante continue du bruit et l'on procède avec le cache de la caméra sur l'objectif de cette dernière, en augmentant progressivement le niveau bas de digitalisation jusqu'à ce que la zone la moins lumineuse sur l'image corresponde à un signal numérique, en sortie du
15 convertisseur, égal à l'unité pour chaque voie.

Le réglage du niveau haut de digitalisation s'effectue en plaçant devant le champ d'observation de la caméra l'objet le plus lumineux susceptible d'être observé.

On utilise avantageusement une surface blanche.

20 On règle le niveau haut de digitalisation jusqu'à ce que la zone la plus lumineuse observée sur l'image corresponde en sortie à la valeur maximale du signal numérique moins une unité, c'est-à-dire la valeur 254 pour chaque voie dans l'exemple décrit.

25 Au besoin, on diminue l'intensité lumineuse de la source 7 si un tel réglage du niveau haut n'est pas possible.

L'atténuation du bruit alternatif peut s'effectuer en moyennant plusieurs acquisitions successives
30 de la même image.

Les signaux numériques (R,V,B) délivrés par le convertisseur 6 sont traités dans l'unité centrale 5 pour déterminer en chaque point de l'image observée par la caméra 2 les composantes trichromatiques dans un système
35 colorimétrique de référence, tel que le système colorimétrique XYZ de la CIE. Ce traitement corrige les non-linéarités de la chaîne d'acquisition, c'est-à-dire essentiellement la non-linéarité des capteurs CCD 8, 9, 10

ainsi que celle du convertisseur 6. Ce traitement corrige en outre avantageusement l'inhomogénéité de l'illumination de l'objet 0 par la source 7 et les aberrations optiques de la caméra 2.

5 Bien entendu, on ne sort pas du cadre de l'invention en choisissant comme système colorimétrique de référence un système colorimétrique de référence autre que le système colorimétrique XYZ de la CIE.

10 On a modélisé sur la figure 3 le traitement effectué par l'unité centrale 5.

On a désigné par Y_R , Y_V et Y_B les composantes de la fonction Y de correction des non-linéarités des capteurs CCD 8, 9, 10 et du convertisseur 6 pour chacune des voies de rouge, vert et bleu.

15 La fonction de passage du système colorimétrique lié à la chaîne d'acquisition au système colorimétrique de référence peut s'écrire sous la forme d'une matrice M .

On désigne par X , Y et Z les composants trichromatiques dans le système colorimétrique de
20 référence.

On a désigné par $FX(i,j)$, $FY(i,j)$ et $FZ(i,j)$ les fonctions de correction de l'inhomogénéité de l'illumination de l'objet par la source 7 et des aberrations optiques de la caméra 2, en fonction des
25 coordonnées i , j de chaque point considéré sur l'image.

Le calcul des coefficients de la matrice M ainsi que le calcul des composantes Y_R , Y_V et Y_B , va maintenant être décrit en référence à l'algorithme représenté sur la figure 4.

30 Tout d'abord, on acquiert à l'étape 14 un premier ensemble de données, utilisées pour la suite du traitement en plaçant successivement ou simultanément dans le champ d'observation de la caméra n échantillons colorimétriques correspondant à des niveaux gris distincts, dont les
35 composantes trichromatiques (X,Y,Z) dans le système colorimétrique de référence XYZ sont connues.

Ensuite, on acquiert en plaçant à l'étape ultérieure 15 successivement ou simultanément trois

échantillons colorimétriques correspondant à trois couleurs primaires, dont les composantes trichromatiques dans le système colorimétrique de référence sont connues, un deuxième ensemble de données utilisées pour la suite du traitement. Les composantes trichromatiques, dans le système colorimétrique de référence peuvent être mesurées à l'aide d'un spectrocolorimètre.

Ces couleurs primaires peuvent être par exemple le rouge, le vert et le bleu ou le magenta, le cyan et le jaune. De manière générale, elles peuvent être quelconque à condition de former une base dans le système colorimétrique de référence.

De préférence, ces couleurs primaires sont choisies de manière à ce que le triangle qu'elles forment dans le plan chromatique du système colorimétrique de référence englobe l'ensemble des couleurs à mesurer.

Les échantillons colorimétriques utilisés sont de préférence opaques et de couleur uniforme, donc mesurables par un colorimètre ou spectrocolorimètre classique.

La mesure des différents gris et couleurs primaires s'effectue de préférence au centre du champ d'observation de la caméra 2 et sur une surface suffisamment petite, représentant de préférence seulement 10% environ de la surface totale couverte par le champ d'observation de la caméra, et qui pourra être considérée comme éclairée de façon uniforme par la source 7.

De préférence, pour effectuer l'acquisition des différents gris et couleurs primaires, la position de la source 7 et celle de la caméra 2 par rapport aux échantillons, ainsi que le type d'éclairage utilisé, se rapprochent le plus possible de la configuration de mesure du colorimètre ou spectrocolorimètre utilisé pour connaître les composantes trichromatiques de la couleur des échantillons colorimétriques utilisés dans le système colorimétrique de référence.

La chaîne d'acquisition délivre à l'étape 14 des signaux représentatifs des composantes trichromatiques des n niveaux de gris sous la forme de triplets de valeurs

notés de façon simplifiée RE_1, RE_2, \dots, RE_n , et les triplets correspondants dans le système colorimétrique de référence sont respectivement notés également de façon simplifiée XE_1, XE_2, \dots, XE_n .

5 La notation RE_i désigne en fait un triplet de valeurs (R, B, V) et la notation XE_i le triplet de valeurs correspondant (X, Y, Z) .

La chaîne d'acquisition délivre à l'étape 15 des triplets de composantes trichromatiques RC_1, RC_2 et RC_3 , dont les triplets correspondants dans le système colorimétrique de référence sont XC_1, XC_2 et XC_3 respectivement, en utilisant le même type de notation simplifiée que précédemment.

A l'étape 16, on initialise un paramètre d'itération k à la valeur 0 et à l'étape 17, on initialise une fonction de correction approchée γ^k , susceptible de varier à chaque itération, de composantes $\gamma_R^k, \gamma_V^k, \gamma_B^k$.

A l'itération $k=0$ on choisit $\gamma_R^0, \gamma_V^0, \gamma_B^0$ égales à la fonction identité.

20 A l'étape 18, on calcule pour chaque itération k une matrice approchée P^k de passage du système colorimétrique de référence XYZ au système colorimétrique lié à la chaîne d'acquisition par la formule :

$$P^k = (\gamma^k) ([RC_1 RC_2 RC_3]) [XC_1 XC_2 XC_3]^{-1}$$

25 A l'étape 19, on calcule n valeurs de la fonction de correction approchée γ^k par la formule :

$$\gamma^k(RE_i) = P^k XE_i \quad \text{pour } i \text{ allant de } 1 \text{ à } n$$

A l'étape 20, on interpole les valeurs manquantes de la fonction de correction γ^k à l'itération k de la manière suivante.

Pour la composante γ_R^k par exemple :

si $\gamma_R^k(\omega_0)$ est connu et si $\gamma_R^k(\omega_1)$ est connu

alors pour $\omega_0 < \omega < \omega_1$,

on détermine $\gamma_R^k(\omega)$ par la formule :

$$35 \quad \log(\gamma_R^k(\omega)/255) =$$

$$((\omega - \omega_1)/(\omega_0 - \omega_1)).\log(Y_R^k(\omega_0)/255) + ((\omega - \omega_0)/(\omega_0 - \omega_1)).\log(Y_R^k(\omega_1)/255)$$

On procède de même pour Y_V^k et Y_B^k .

A l'étape 21, on effectue une normalisation des fonctions de correction Y_R^k , Y_V^k , et Y_B^k :

$$5 \quad 255.Y_R^k(\omega)/Y_R^k(255) \rightarrow Y_R^k(\omega)$$

$$255.Y_V^k(\omega)/Y_V^k(255) \rightarrow Y_V^k(\omega)$$

$$255.Y_B^k(\omega)/Y_B^k(255) \rightarrow Y_B^k(\omega)$$

pour ω allant de 1 à n.

10 A l'étape 22, on calcule l'erreur e^k par la formule :

$$e^k = (\sum ((M^k Y^k(RC_i) - XC_i)^2))^{\frac{1}{2}}$$

pour i allant de 1 à n, avec $M^k = (P^k)^{-1}$.

15 A l'étape 23, on incrémente le paramètre d'itération k.

A l'étape 24, on teste s'il y a convergence de l'erreur e^k ou non.

20 Si tel est le cas, on arrête le processus itératif à l'étape 25 et sinon on retourne à l'étape 18 de calcul d'une nouvelle matrice de passage approchée P^k et d'une nouvelle fonction approchée Y^k de correction des non-linéarités.

25 A l'étape 25, on calcule la matrice définitive M de passage du système colorimétrique lié à la chaîne d'acquisition au système colorimétrique de référence par la formule :

$$M = M^k = Y^k([XC_1 \ XC_2 \ XC_3])[RC_1 \ RC_2 \ RC_3]^{-1}$$

Le calcul de la matrice de passage M et de la fonction Y de correction des non-linéarités s'effectue ainsi à partir d'un procédé itératif dans lequel à chaque itération on calcule une matrice de passage approchée et une fonction de correction des non-linéarités approchée.

Une fois le calcul des composantes Y_R , Y_V , et Y_B de la fonction Y et le calcul de la matrice de passage M effectués, on détermine les fonctions de correction de l'inhomogénéité de l'illumination de l'objet 0 par la source 7 et de correction des aberrations optiques de la caméra, c'est-à-dire les fonctions $FX(i,j)$, $FY(i,j)$ et $FZ(i,j)$ précitées.

Le calcul des fonctions $FX(i,j)$, $FY(i,j)$ et $FZ(i,j)$ s'effectue en acquérant l'image d'un objet de couleur uniforme occupant la totalité du champ d'observation de la caméra et en déterminant la correction à apporter de manière à ce que tous les points de l'image aient les mêmes composantes trichromatiques que le centre de l'image.

Plus précisément, dans l'exemple décrit, on procède en effectuant la moyenne des composantes trichromatiques d'un ensemble de points appartenant à une fenêtre de mesure, cet ensemble de points étant centré sur un point de coordonnées i, j .

On obtient ainsi des valeurs moyennes $IMX(i,j)$, $IMY(i,j)$, $IMZ(i,j)$ et l'on détermine les fonctions $FX(i,j)$, $FY(i,j)$ et $FZ(i,j)$ par les formules suivantes :

$$FX(i,j) = IMX(i_{\text{centre}}, j_{\text{centre}}) / IMX(i,j)$$

$$FY(i,j) = IMY(i_{\text{centre}}, j_{\text{centre}}) / IMY(i,j)$$

$$FZ(i,j) = IMZ(i_{\text{centre}}, j_{\text{centre}}) / IMZ(i,j)$$

où $i_{\text{centre}}, j_{\text{centre}}$ sont les coordonnées du centre de l'image.

Le passage des composantes (R,V,B) aux composantes (X,Y,Z) tel qu'il vient d'être décrit peut introduire un biais dans le cas où les produits $D_{65}(\lambda).x(\lambda)$, $D_{65}(\lambda).y(\lambda)$ et $D_{65}(\lambda).z(\lambda)$ ne sont pas des combinaisons linéaires des produits $I(\lambda).FR(\lambda)$, $I(\lambda).FV(\lambda)$, $I(\lambda).FB(\lambda)$ ce qui est le cas la plupart du temps.

Afin de réduire ce biais, on peut avantageusement filtrer la source avec un filtre optique F défini de manière à minimiser l'erreur des écarts entre les produits $D_{65}(\lambda) \cdot x(\lambda), D_{65}(\lambda) \cdot y(\lambda), D_{65}(\lambda) \cdot z(\lambda)$ et une combinaison
5 linéaire des produits

$$F(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot FR(\lambda), F(\lambda) I(\lambda) \cdot FV(\lambda), F(\lambda) I(\lambda) \cdot FB(\lambda).$$

Ce filtre sert à optimiser la mesure de la couleur et est adapté à la chaîne d'acquisition.

On comprend que l'exemple particulier de
10 réalisation de l'invention qui vient d'être décrit permet de connaître avec précision les composantes (X, Y, Z) , dans un système colorimétrique de référence, d'un objet placé dans le champ d'observation d'une caméra vidéo.

On peut ainsi inspecter sans contact physique des
15 objets, par exemple des récipients ou des étiquettes se déplaçant à grande vitesse dans une chaîne de fabrication, en vue de déceler une variation de la couleur de ces objets ou des défauts de surface.

Il peut s'avérer également intéressant de
20 restituer fidèlement au moyen d'une chaîne de visualisation la couleur de l'objet observé par la caméra.

Avantageusement, on effectue à la fois une mesure de la couleur et l'on restitue celle-ci fidèlement au moyen de la chaîne de visualisation. On peut toutefois, sans
25 sortir du cadre de l'invention, effectuer l'un ou l'autre.

Dans le cas où l'on se contente de restituer fidèlement la couleur de l'objet au moyen de la chaîne de visualisation, il n'est pas nécessaire d'afficher pour l'utilisateur les composantes trichromatiques de la couleur
30 de l'objet dans le système colorimétrique de référence, qui ont été calculées par l'unité centrale 5 de la manière indiquée ci-dessus.

L'envoi des signaux (R, V, B) de sortie du convertisseur 6 directement en entrée de la chaîne de
35 visualisation conduirait à une restitution non satisfaisante de la couleur de l'objet sur l'écran du

dispositif de visualisation 4, en raison notamment des non-linéarités de la chaîne d'acquisition et de celles de la chaîne de visualisation et de la différence entre les systèmes colorimétriques liés respectivement à la chaîne d'acquisition et à la chaîne de visualisation.

Une première amélioration est apportée par la correction des non-linéarités de la chaîne d'acquisition comme décrit précédemment.

Toutefois, on peut améliorer encore davantage la qualité de la restitution de la couleur de l'objet lorsque l'on corrige les non-linéarités de la chaîne de visualisation.

Cette correction est effectuée dans l'unité centrale 5.

On a modélisé sur la figure 5 le traitement pour passer des composantes trichromatiques (X, Y, Z) dans le système colorimétrique de référence XYZ aux composantes trichromatiques (R', V', B') à l'entrée de la chaîne de visualisation.

On commence par transformer les composantes trichromatiques (X, Y, Z) précédemment déterminées en composantes trichromatiques dans le système colorimétrique lié au dispositif de visualisation, au moyen d'une matrice de passage M' , puis on applique à chacune des composantes ainsi obtenue une fonction de correction Y' non liée à la position sur l'écran, de composantes Y_R' , Y_V' , et Y_B' et une fonction de correction de l'inhomogénéité de l'éclairement de l'écran $FR(i, j)$, $FV(i, j)$, $FB(i, j)$ liée à la position sur ce dernier.

On a modélisé sur la figure 6 le traitement des signaux numériques (R', V', B') reçus par la chaîne de visualisation et conduisant à l'obtention d'une image sur l'écran du dispositif de visualisation.

Les composantes trichromatiques (R', V', B') pour chaque point de l'image sont transformées en signaux

analogiques au moyen d'un convertisseur numérique/analogique à trois voies 26, 27 et 28. Les signaux analogiques en sortie du convertisseur sont traités de façon connue en soi en 29 pour commander chacun un faisceau cathodique destiné à illuminer des régions phosphorescentes de l'écran produisant en réponse au flux d'électrons incident une émission lumineuse de couleur déterminée. L'addition des spectres d'émission $R(\lambda)$, $V(\lambda)$, $B(\lambda)$ des régions phosphorescentes, produisant respectivement les couleurs rouge, vert et bleu, conduit à un spectre résultant $E(\lambda)$ en chaque point de l'image.

Cette matrice de passage M' est calculée par la connaissance des composantes trichromatiques (X_R, V_R, Z_R) , (X_V, Y_V, Z_V) et (X_B, Y_B, Z_B) dans le système de référence colorimétrique XYZ des couleurs correspondant respectivement aux triplets $(255, 0, 0)$, $(0, 255, 0)$ et $(0, 0, 255)$ en entrée pour chaque point de l'image.

La matrice de passage M' a pour vecteurs colonnes les coordonnées dans le système colorimétrique de référence des trois couleurs primaires considérées.

$$M' = \begin{pmatrix} X_R & X_V & X_B \\ Y_R & Y_V & Y_B \\ Z_R & Z_V & Z_B \end{pmatrix}$$

Pour calculer les composantes Y'_R , Y'_V , et Y'_B de la fonction de correction Y' , on peut utiliser, connaissant la matrice M' , un colorimètre d'écran pour mesurer la lumière émise au centre de l'image en fonction de triplets successifs et différents de valeurs d'entrée (R', V', B') .

On peut encore déterminer les composantes Y'_R , Y'_V et Y'_B sans colorimètre d'écran de la façon suivante.

On tient compte du fait que la luminance W en chaque point de l'écran est liée à la tension V commandant le faisceau d'électrons qui l'atteint par la formule approximative suivante :

$$\log(W/W_{\max}) = k_1 + k_2 \log(V/V_{\max}) + k_3 (\log(V/V_{\max}))^2 + k_4 (\log(V/V_{\max}))^3$$

On distingue alors deux domaines pour les valeurs R', V' ou B' d'entrée : $[0, 64]$ et $[64, 255]$.

Pour chaque domaine, on détermine les paramètres k_1, k_2, k_3 et k_4 par la valeur de la luminance lorsque le signal numérique d'entrée vaut successivement 0, 32, 64, 128 pour le premier domaine et 32, 64, 128, 255 pour le second.

A titre d'exemple, on suppose que l'on commence par vouloir déterminer la composante Y'_R .

On affiche sur l'écran une mire telle qu'illustrée sur la figure 7, présentant au centre un rectangle de couleur rouge correspondant au choix de $(128, 0, 0)$ en entrée. On inclut le rectangle central dans un rectangle tramé avec une ligne sur deux de couleur rouge correspondant à $(255, 0, 0)$ en entrée et avec une ligne sur deux de couleur noire correspondant à $(0, 0, 0)$ en entrée.

On modifie ensuite le cas échéant le signal numérique en entrée $(R', 0, 0)$ qui commande la luminance du rectangle central jusqu'à ce que la luminance de ce dernier et la luminance du rectangle tramé paraissent égales.

On déduit ensuite de la correction qu'il a fallu apporter au signal d'entrée pour obtenir cette égalisation la valeur de la fonction $Y'_R(128)$.

On recommence alors en affichant au centre un rectangle de couleur $(64, 0, 0)$ entouré par un rectangle tramé avec une ligne sur deux de couleur rouge correspondant à $(Y'_R(128), 0, 0)$ et avec une ligne sur deux de couleur noire, ce qui permet de calculer $Y'_R(64)$, etc...

On détermine ensuite les valeurs des paramètres k_1, k_2, k_3 et k_4 et l'on calcule les valeurs manquantes de Y'_R d'après la formule précédente.

On opère de même pour calculer Y'_V et Y'_B .

L'inhomogénéité de l'éclairement de l'écran est principalement due à la dispersion du faisceau d'électrons qui frappe l'écran.

Afin de corriger cette inhomogénéité, on mesure

pour chacune des trois voies de rouge, vert et bleu la luminance en différents points de l'écran.

Pour chaque voie de rouge, vert ou bleu, on calcule les facteurs correctifs à appliquer en chaque point de l'écran.

On a noté les fonctions de correction $FR(i,j)$, $FV(i,j)$ et $FB(i,j)$ pour les voies de rouge, vert et bleu respectivement.

On considère que l'écran est calibré au centre, de sorte qu'il suffit de connaître les facteurs correctifs

à appliquer en chaque point de coordonnées i,j de la surface de l'écran hors du centre pour obtenir un écran totalement calibré.

L'éclairement de l'écran en fonction des coordonnées i,j d'un point hors du centre et des coordonnées i_{centre} , j_{centre} au centre de l'écran varie approximativement comme la fonction $C(i,j)$ suivante :

$$C(i,j) = (((i-i_{\text{centre}})^2 + (j-j_{\text{centre}})^2)/r^2) * ((1 + (i-i_{\text{centre}})^2)/r^2)^4 * ((1 + (j-j_{\text{centre}})^2)/r^2)^4$$

où r désigne le rayon de courbure de l'écran.

On mesure à l'aide d'un spectrocolorimètre ou d'un colorimètre d'écran l'intensité lumineuse pour chaque rectangle d'une grille de calibration telle que représentée sur la figure 8.

En comparant cette intensité avec l'intensité lumineuse au centre, on peut en déduire une pluralité de valeurs pour la fonction $FR(i,j)$.

Connaissant ces valeurs il est alors possible de calculer les valeurs manquantes de la fonction $FR(i,j)$ par interpolation à l'aide d'une fonction polynomiale de degré 3.

On obtient $FV(i,j)$ et $FB(i,j)$ de la même manière.

Par ailleurs, le tube cathodique se comporte comme un filtre passe-bas et la valeur du signal de commande du faisceau d'électrons atteignant, sur une même trame, un pixel dépend de la valeur du signal de commande du pixel précédent sur cette trame.

A titre d'exemple, on a représenté sur la figure 9 l'évolution de la variation de la luminance de pixels successifs situés sur une même trame en fonction de la variation du niveau de commande.

5 Plus précisément, on illustre le cas où le niveau de commande vaut m_1 pour les pixels situés au début de la trame et passe à m_2 pour les pixels suivants, la valeur m_2 étant inférieure à m_1 .

10 On observe que la luminance W des pixels, en réponse au niveau de commande m_2 , ne décroît pas brusquement de $W(m_1)$ à $W(m_2)$ mais de façon sensiblement exponentielle.

15 En d'autres termes, si le niveau de commande du pixel passe brusquement de la valeur m_1 à la valeur m_2 , la luminance n'atteint pas immédiatement le niveau $W(m_2)$.

On corrige alors avantageusement le niveau de commande en anticipant le temps de montée ou de descente pour chacune des trois voies de rouge, vert et bleu.

20 La correction s'opère pour chaque trame dans le sens du balayage.

A supposer que l'on souhaite pour une même trame passer d'une luminance $W(m_1)$ correspondant à un niveau de commande m_1 à une luminance $W(m_2)$ correspondant à un niveau de commande m_2 , on corrige par anticipation le niveau du signal de commande des pixels que l'on souhaite activer pour que ces derniers atteignent le niveau de luminance $W(m_2)$ plus rapidement.

30 Ainsi, on commande les pixels avec un niveau de commande m_3 inférieur à m_2 , de manière à obtenir une décroissance plus rapide de la luminance comme illustré sur la figure 10.

Cette correction prédictive du niveau de commande n'apparaît pas sur la modélisation représentée sur la figure 5, dans un souci de clarté du dessin.

35 Pour déterminer la constante de temps permettant

de calculer le temps de montée ou de descente du signal de commande du faisceau d'électrons, on peut procéder en affichant sur l'écran un premier rectangle d'une même couleur dont on commande un pixel sur deux de chaque trame composant ce rectangle avec des niveaux de commande de valeurs différentes.

On affiche également sur l'écran un deuxième rectangle de la même couleur et de même niveau de commande pour tous les pixels.

On peut ensuite déduire des valeurs des niveaux de commande des pixels composant les deux rectangles affichés sur l'écran la constante de temps et la correction à apporter aux niveaux de commande de ces pixels pour effectuer la correction prédictive précitée.

Finalement, l'invention permet de mesurer la couleur d'objets opaques ou non opaques, plans ou en relief, mobiles ou fixes, sans contact avec ces derniers, en transmission ou en réflexion, et plus spécialement la couleur de la peau et des cheveux.

Dans un mode de réalisation avantageux, l'invention permet encore de restituer sans dénaturation excessive la couleur d'un objet au moyen d'un dispositif de visualisation.

L'invention permet en outre de mesurer la couleur en chaque point d'un objet, même si ce dernier est de couleur non uniforme.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée à l'exemple de réalisation qui vient d'être décrit et l'on peut notamment utiliser d'autres dispositifs de visualisation, tels qu'une imprimante ou un écran à cristaux liquides.

REVENDICATIONS

1 - Dispositif de mesure de la couleur, caractérisé par le fait qu'il comporte :

- une chaîne d'acquisition (2,6) incluant une
5 caméra vidéo (2), ladite chaîne d'acquisition étant apte à délivrer des signaux (R,V,B) représentatifs des composantes trichromatiques dans un système colorimétrique lié à ladite chaîne d'acquisition de la couleur d'un objet (O) placé dans le champ d'observation de la caméra, et
- 10 - des moyens de traitement (5) agencés pour déterminer, à partir desdits signaux (R,V,B), les composantes trichromatiques (X,Y,Z) de la couleur de l'objet dans un système colorimétrique de référence (XYZ) en utilisant une matrice (M) de passage du système
15 colorimétrique lié à ladite chaîne d'acquisition vers le système colorimétrique de référence et une fonction de correction (Γ) des non-linéarités de ladite chaîne d'acquisition, ladite matrice de passage (M) et ladite fonction de correction (Γ) étant calculées par un processus
20 itératif à partir des composantes trichromatiques connues dans le système colorimétrique de référence de trois couleurs primaires (XC_1, XC_2, XC_3) et d'au moins deux niveaux de gris (XE_1, XE_2, \dots, XE_n) et de leurs composantes trichromatiques ($RC_1, RC_2, RC_3; RE_1, RE_2, \dots, RE_n$) dans le
25 système colorimétrique lié à ladite chaîne d'acquisition, obtenues à partir de l'observation par ladite caméra vidéo desdites couleurs primaires et desdits niveaux de gris.

2 - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il comporte en outre une chaîne
30 de visualisation (4) pour restituer tout ou partie de l'image observée par ladite caméra vidéo (2) après le traitement, par ladite fonction de correction, desdits signaux (R,V,B) délivrés par la chaîne d'acquisition (2,6).

3 - Dispositif selon la revendication 2,
35 caractérisé par le fait que ladite chaîne de visualisation comporte un dispositif de visualisation (4) à tube cathodique.

4 - Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait qu'il comporte en outre une source lumineuse pour éclairer l'objet placé dans le champ d'observation de la caméra, cette source présentant un spectre d'émission continu $I(\lambda)$ choisi de manière à se rapprocher d'un illuminant de référence, de spectre $D(\lambda)$.

5 - Dispositif selon la revendication 4, la caméra comportant un ensemble de filtres optiques de spectres $FR(\lambda)$, $FV(\lambda)$ et $FB(\lambda)$ pour décomposer sur les capteurs de cette caméra l'image observée par la caméra en images de couleurs primaires, caractérisé par le fait que la source est filtrée par un ou plusieurs filtres dont la fonction de filtrage résultante $F(\lambda)$ est choisie de manière à minimiser l'erreur des écarts entre les produits $D(\lambda).x(\lambda)$, $D(\lambda).y(\lambda)$, $D(\lambda).z(\lambda)$ et une combinaison linéaire des produits

$$F(\lambda).I(\lambda).FR(\lambda), \quad F(\lambda).I(\lambda).FV(\lambda), F(\lambda).I(\lambda).FB(\lambda)$$

où $x(\lambda)$, $y(\lambda)$ et $z(\lambda)$ sont les coordonnées trichromatiques spectrales dans le système colorimétrique de référence.

6 - Dispositif selon la revendication 5, caractérisé par le fait que ledit illuminant de référence est l'illuminant de spectre $D_{65}(\lambda)$ de la CIE.

7 - Procédé de mesure de la couleur à partir d'une chaîne d'acquisition incluant une caméra vidéo (2) apte à délivrer des signaux (R,V,B) représentatifs des composantes trichromatiques dans un système colorimétrique lié à ladite chaîne d'acquisition de la couleur d'un objet (0) placé dans le champ d'observation de la caméra, caractérisé par le fait qu'il comprend les étapes consistant à :

- placer successivement ou simultanément dans le champ d'observation de la caméra trois couleurs primaires et au moins deux niveaux de gris, les composantes trichromatiques desdites couleurs primaires et niveaux de gris étant connues dans un système colorimétrique de référence (X,Y,Z),

- calculer, par un processus itératif, à partir desdites composantes trichromatiques dans ledit système colorimétrique de référence et des composantes trichromatiques correspondantes dans le système colorimétrique lié à ladite chaîne d'acquisition, obtenues à partir de l'observation par ladite caméra vidéo desdites couleurs primaires et desdits niveaux de gris, une matrice (M) de passage du système colorimétrique lié à ladite chaîne d'acquisition vers le système colorimétrique de référence et une fonction de correction (Γ) des non-linéarités de ladite chaîne d'acquisition,

- les composantes trichromatiques, dans le système colorimétrique de référence, de la couleur d'un objet placé dans le champ d'observation de la caméra étant déterminées en utilisant ladite matrice de passage et ladite fonction de correction ainsi calculées.

8 - Procédé selon la revendication 7, caractérisé par le fait qu'il comprend entre outre l'étape consistant à visualiser au moyen d'une chaîne de visualisation la couleur de l'objet après correction des non-linéarités de la chaîne d'acquisition.

9 - Procédé selon la revendication 8, caractérisé par le fait que l'on corrige en outre les non-linéarités de la chaîne de visualisation.

10 - Procédé selon l'une des revendications 8 et 9, caractérisé par le fait que la chaîne de visualisation comprend un dispositif de visualisation (4) à tube cathodique.

11 - Procédé selon la revendication 10, caractérisé par le fait que lors d'une transition du niveau de commande des pixels d'une même trame entraînant une variation de luminance entre au moins un pixel de cette trame et le pixel immédiatement suivant, eu égard au sens de balayage de la trame, on choisit le niveau de commande dudit pixel immédiatement suivant en fonction de la vitesse de variation du signal de commande du faisceau d'électrons atteignant les pixels situés sur une même trame lorsque le niveau de commande desdits pixels varie.

12 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé par le fait que l'on détermine une fonction de correction des non-linéarités de la chaîne de visualisation en affichant deux zones d'une même couleur mais avec des luminances susceptibles d'être différentes, la couleur de l'une des zones étant obtenue par une juxtaposition de pixels de niveaux de commande distincts et la couleur de l'autre zone étant obtenue par un ensemble de pixels de même niveau de commande, en rendant égales les luminances des deux zones pour un observateur en agissant sur le niveau de commande des pixels de l'une des zones, et en déduisant de la valeur des niveaux de commande des pixels de chacune desdites zones une information pour le calcul de ladite fonction de correction des non-linéarités de la chaîne.

13 - Procédé selon la revendication 12, caractérisé par le fait que la zone composée de pixels de niveaux de commande distincts est tramée.

14 - Procédé selon la revendication 13, caractérisé par le fait que ladite zone tramée comporte une trame sur deux qui est noire.

15 - Procédé selon la revendication 12, caractérisé par le fait que la zone composée de pixels de niveaux de commande distincts comporte un pixel sur deux, à chaque trame, dont le niveau de commande est différent de celui du pixel précédent.

16 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 15, caractérisé par le fait que ledit processus itératif comporte les étapes consistant à :

- calculer une matrice de passage approchée à partir des composantes trichromatiques connues desdites couleurs primaires et desdits niveaux de gris et d'une fonction de correction approchée,

- calculer une nouvelle fonction de correction approchée en utilisant la matrice de passage approchée ainsi calculée et les composantes trichromatiques connues desdits niveaux de gris et en interpolant les valeurs manquantes,

- 27 -

- recommencer le calcul de la matrice de passage approchée et de la fonction de correction approchée jusqu'à atteindre un seuil de convergence fixé.

5 17 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 15, caractérisé par le fait que ledit processus itératif comprend les étapes consistant à :

10 - calculer une fonction de correction approchée à partir des composantes trichromatiques connues desdites couleurs primaires et desdits niveaux de gris et d'une matrice de passage approchée,

- calculer une nouvelle matrice de passage approchée en utilisant les composantes trichromatiques connues desdits niveaux de gris et en interpolant les valeurs manquantes,

15 - recommencer le calcul de la fonction de correction approchée et de la matrice de passage approchée jusqu'à atteindre un seuil de convergence fixé.

20 18 - Procédé selon l'une quelconque des revendications 7 à 17, caractérisé par le fait que l'on corrige en outre l'inhomogénéité de l'éclairement par la source de l'objet et les aberrations optiques de la caméra en mesurant la luminance de l'écran en différents points et en la comparant avec la luminance en un point de référence.

25 19 - Procédé de correction de la réponse d'un dispositif de visualisation (4) comportant des trames de pixels, caractérisé par le fait que lors d'une transition du niveau de commande des pixels d'une même trame entraînant une variation de la luminance entre au moins un pixel de cette trame et le pixel immédiatement suivant, eu
30 égard au sens de balayage de la trame, on choisit le niveau de commande dudit pixel immédiatement suivant en fonction de la vitesse de variation de la luminance des pixels situés sur une même trame lorsque le niveau de commande desdits pixels varie.

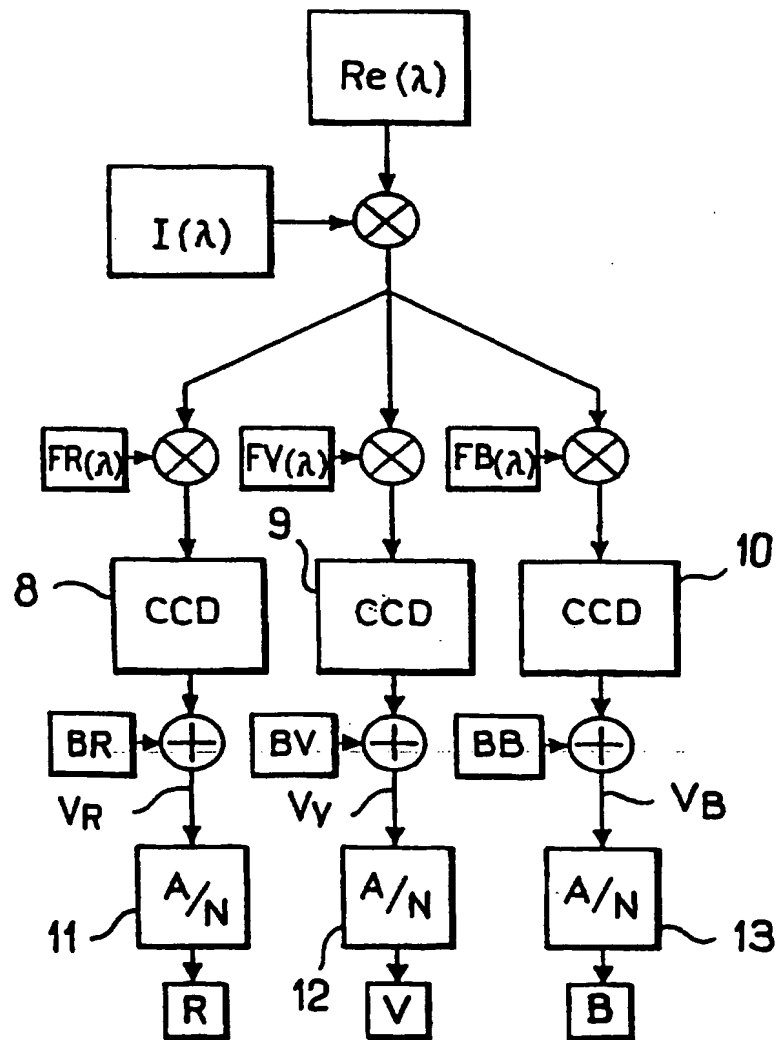
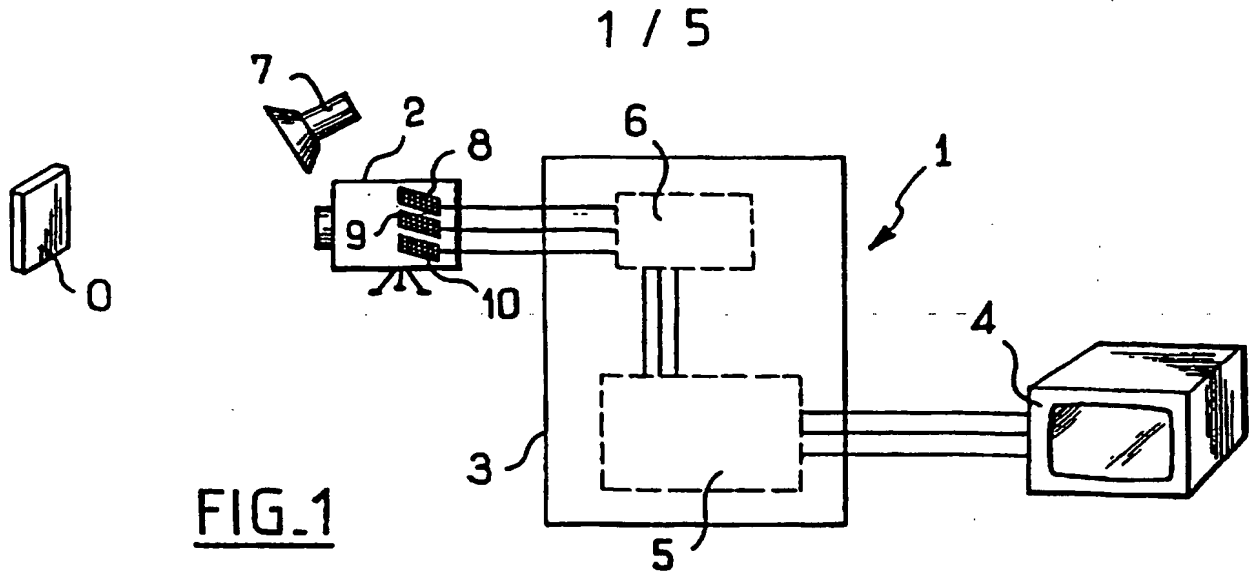
35 20 - Procédé selon la revendication 19, caractérisé par le fait que l'on détermine une fonction de correction des non-linéarités dudit dispositif de visualisation (4) en affichant deux zones d'une même

couleur mais avec des luminances susceptibles d'être différentes, la couleur de l'une des zones étant obtenue par une juxtaposition de pixels de niveaux de commande distincts et la couleur de l'autre zone étant obtenue par
5 un ensemble de pixels de même niveau de commande, en rendant égales les luminances des deux zones pour un observateur en agissant sur le niveau de commande des pixels de l'une des zones, et en déduisant de la valeur des niveaux de commande des pixels de chacune desdites zones
10 une information pour le calcul de ladite fonction de correction des non-linéarités du dispositif de visualisation.

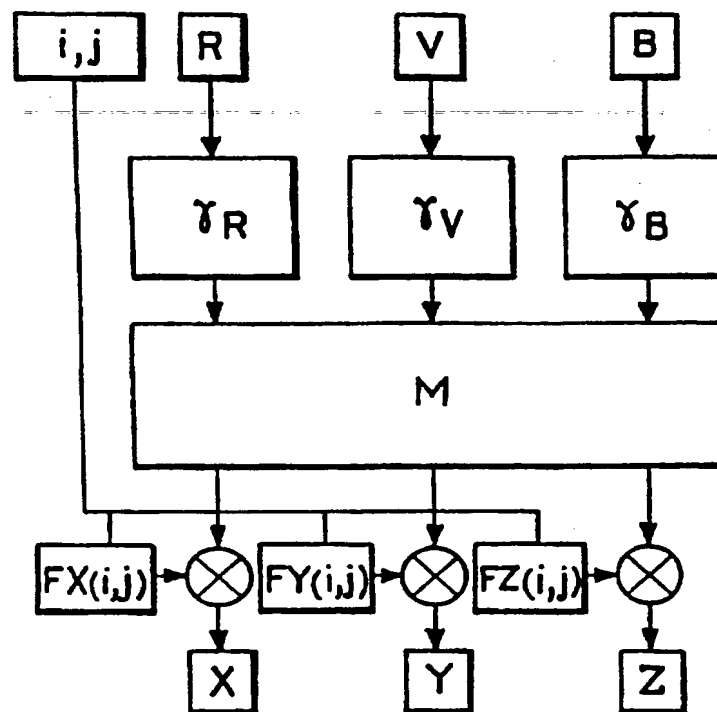
21 - Procédé selon la revendication 20, caractérisé par le fait que ladite zone composée de pixels
15 de niveaux de commande distincts est tramée.

22 - Procédé selon la revendication 21, caractérisé par le fait que ladite zone tramée comporte une trame sur deux qui est noire.

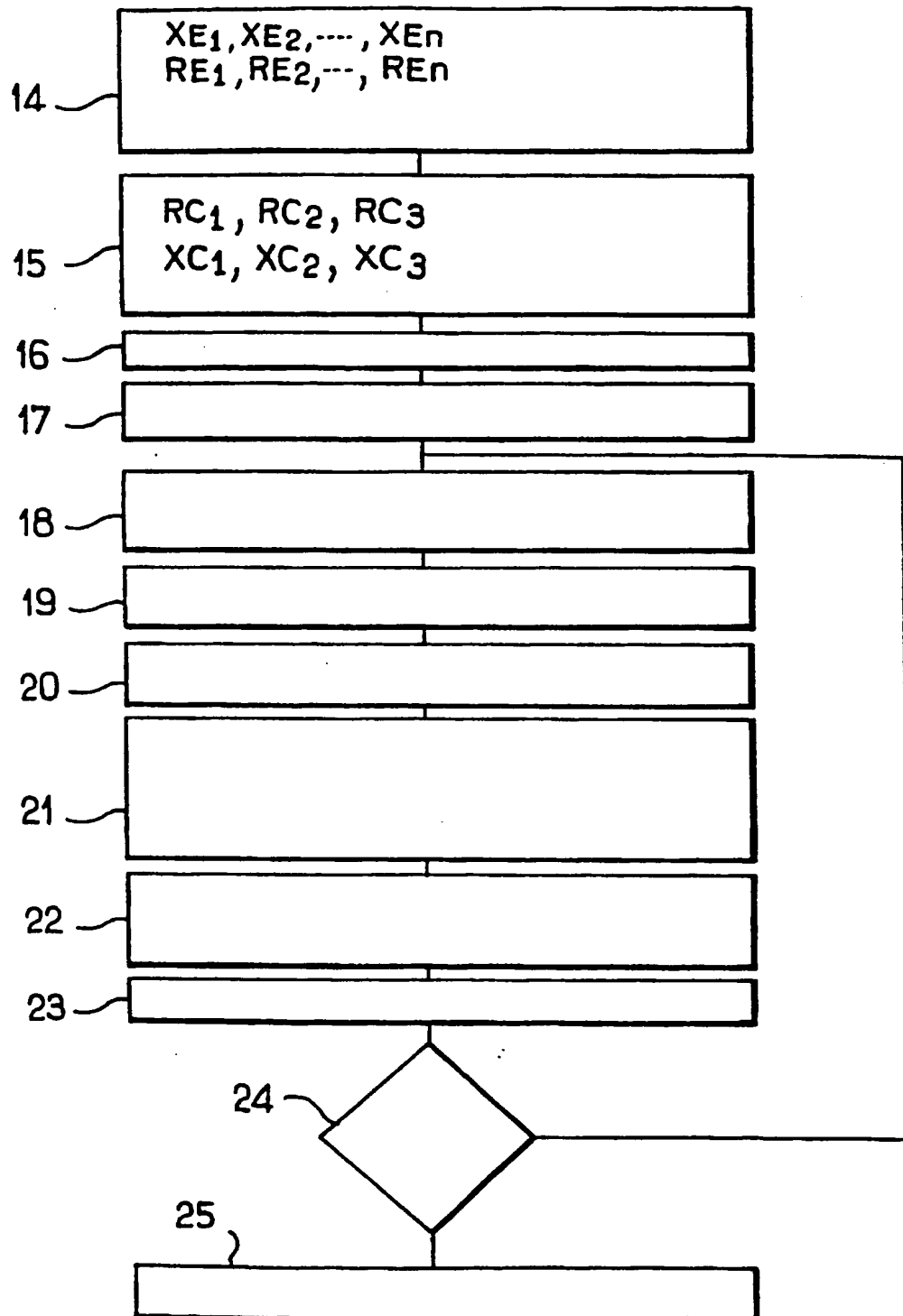
23 - Procédé selon la revendication 21, caractérisé par le fait que ladite zone composée de pixels
20 de niveaux de commande distincts comporte un pixel sur deux, à chaque trame, dont le niveau de commande est différent de celui du pixel précédent sur cette trame.



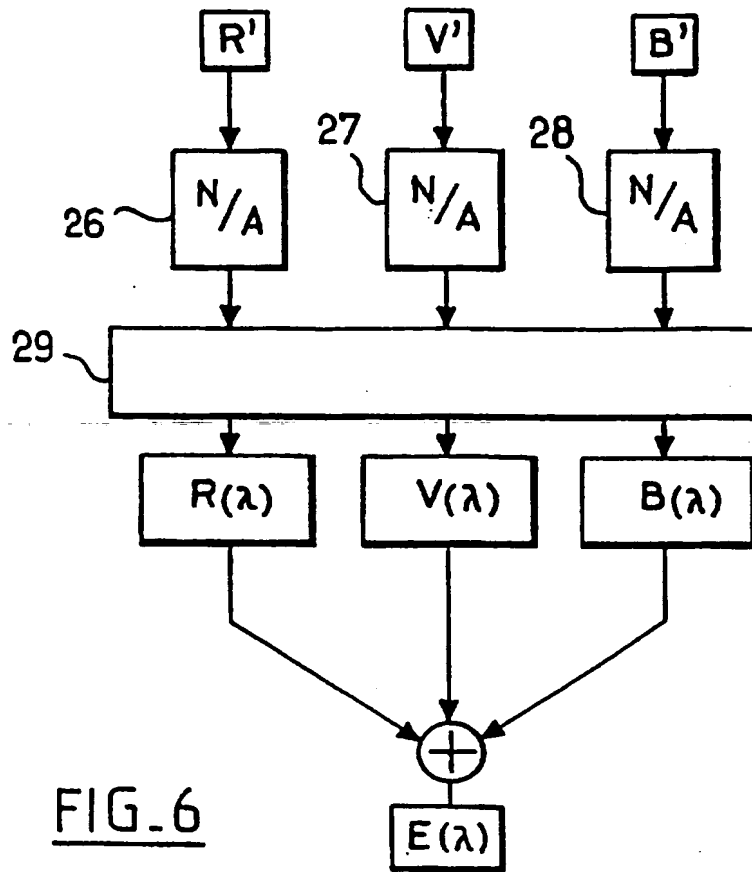
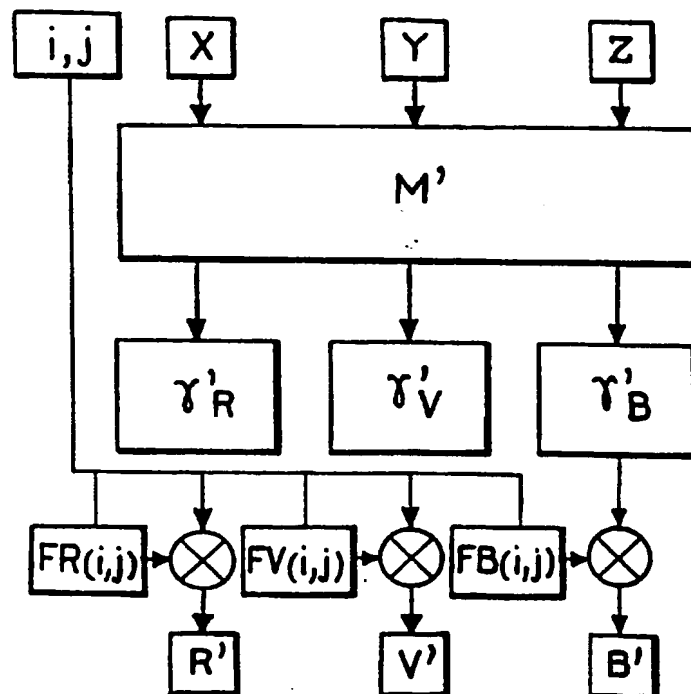
2 / 5

FIG. 3

3 / 5

FIG. 4

4 / 5

FIG. 6FIG. 5

5 / 5

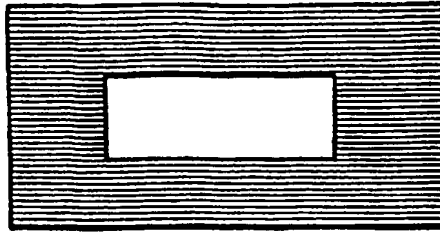


FIG. 7

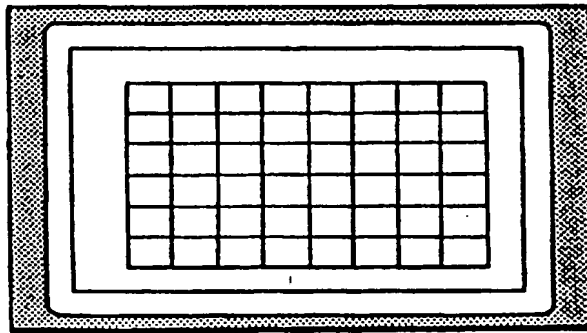


FIG. 8

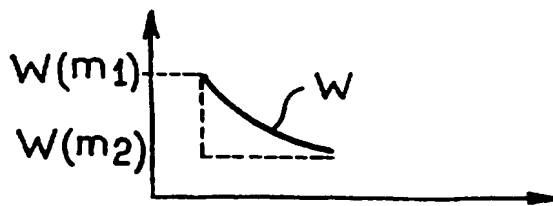


FIG. 9

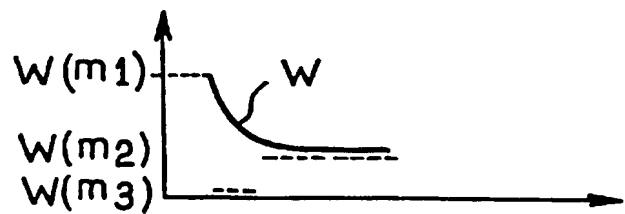


FIG. 10

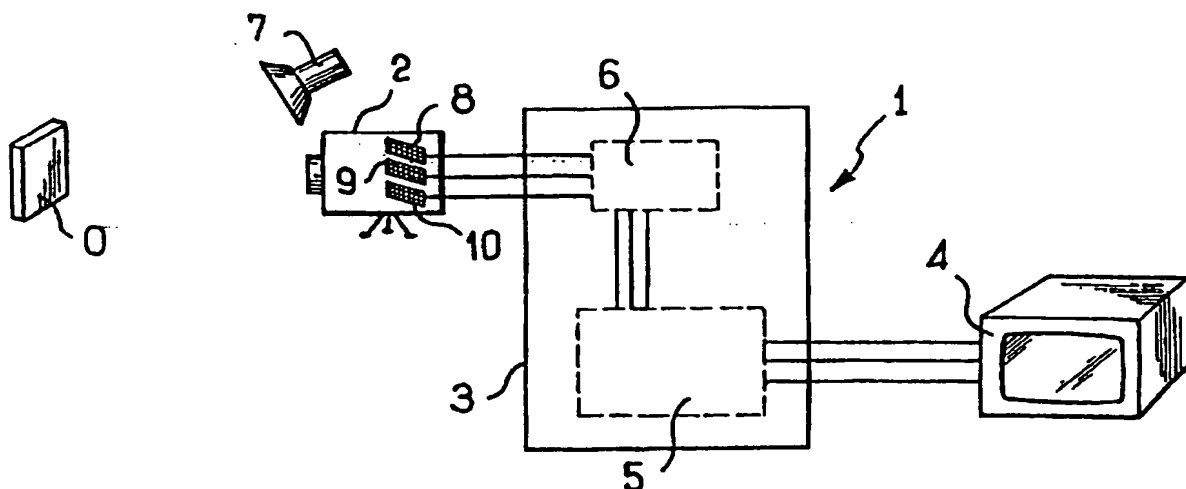


DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁶ : G01J 3/50, H04N 5/14	A3	(11) Numéro de publication internationale: WO 97/44642 (43) Date de publication internationale: 27 novembre 1997 (27.11.97)
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR97/00911</p> <p>(22) Date de dépôt international: 23 mai 1997 (23.05.97)</p> <p>(30) Données relatives à la priorité: 96/06425 23 mai 1996 (23.05.96) FR</p> <p>(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): L'OREAL [FR/FR]; 14, rue Royale, F-75008 Paris (FR).</p> <p>(72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): CAISEY-BLUTEAU, Laurence [FR/FR]; 32, rue Germain Pilon, F-95240 Cormeilles en Parisis (FR). AUBERT, Johan [FR/FR]; 20, rue Fanny, F-92110 Clichy (FR).</p> <p>(74) Mandataire: LESZCZYNSKI, André; Nony & Associés, 29, rue Cambacérès, F-75008 Paris (FR).</p>	<p>(81) Etats désignés: AU, CA, JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i> <i>Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si de telles modifications sont reçues.</i></p> <p>(88) Date de publication du rapport de recherche internationale: 8 janvier 1998 (08.01.98)</p>	

(54) Title: COLOUR MEASURING METHOD AND DEVICE

(54) Titre: PROCEDE ET DISPOSITIF DE MESURE DE LA COULEUR



(57) Abstract

The invention features a colour measuring device comprising: an acquisition system (2, 6) comprising a video-camera (2), and processing means (5) arranged to determine on the basis of the camera-supplied signals the trichromatic components (X, Y, Z) of the colour of the object in a reference colorimetric system (XYZ) using a transfer matrix (M) for switching from the colorimetric system linked to the said acquisition system to the reference colorimetric system and a correction function Γ of non-linearities of the said acquisition system.

(57) Abrégé

L'invention concerne un dispositif de mesure de la couleur comportant: une chaîne d'acquisition (2, 6) incluant une caméra vidéo (2) et des moyens de traitement (5) agencés pour déterminer à partir des signaux délivrés par la caméra les composantes trichromatiques (X, Y, Z) de la couleur de l'objet dans un système colorimétrique de référence (XYZ) en utilisant une matrice (M) de passage du système colorimétrique lié à ladite chaîne d'acquisition vers le système colorimétrique de référence et une fonction de correction Γ des non-linéarités de ladite chaîne d'acquisition.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brsil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat : Application No
PCT/FR 97/00911

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G01J3/50 H04N5/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 G01J H04N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 495 429 A (CRAVEN ROBERT P M ET AL) 27 February 1996 see column 1, line 12 - line 14 see column 3, line 36 - column 4, line 17 see column 15, line 6 - line 36 see figure 1	1-3,7,8
Y	EP 0 562 745 A (MILLIKEN RES CORP) 29 September 1993 see page 4, line 47 - page 8, line 37 see figures 1,2	1-3,7,8
A	WO 90 00733 A (GARIBALDI PTY LTD) 25 January 1990 see page 6, line 23 - line 35 see figure 1	1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

A document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 October 1997

Date of mailing of the international search report

12.11.97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Luck, W

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internal I Application No
PCT/FR 97/00911

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 96 05489 A (UNIV HUDDERSFIELD ;CONNOLLY CHRISTINE (GB); LEUNG TIN WAH WILLIAM) 22 February 1996 see page 9, line 8 - page 16, line 22 see figure 1	1
A	--- SIMPSON M L ET AL: "IMAGING COLORIMETRY: A NEW APPROACH" APPLIED OPTICS, vol. 30, no. 32, 10 November 1991, pages 4666-4671, XP000241792 the whole document	1
A	--- PEYRUCA J -F: "LA MESURE DES COULEURS" MESURES REGULATION AUTOMATISME, no. 666, 1 June 1994, pages 127-132, XP000455101 the whole document	1
A	--- WO 87 03470 A (BERTIN & CIE) 18 June 1987 see page 3, line 8 - line 16	1,4
X	--- EP 0 560 170 A (THOMSON CONSUMER ELECTRONICS) 15 September 1993 see column 2, line 4 - line 10 see figure 1 -----	19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR 97/00911

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. CLAIMS : 1-18
2. CLAIMS : 19-23

For more information, please see form PCT/ISA/206 sent on 10.09.97

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internal Application No

PCT/FR 97/00911

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5495429 A	27-02-96	NONE	
EP 0562745 A	29-09-93	AU 3396693 A AU 670012 B AU 8022494 A CA 2091155 A EP 0762093 A JP 6109544 A NZ 247247 A US 5375193 A US 5428720 A	07-10-93 27-06-96 09-02-95 28-09-93 12-03-97 19-04-94 26-07-95 20-12-94 27-06-95
WO 9000733 A	25-01-90	AU 627208 B AU 3960389 A DE 68926120 D DE 68926120 T EP 0437439 A JP 3506074 T US 5177694 A	20-08-92 05-02-90 02-05-96 12-12-96 24-07-91 26-12-91 05-01-93
WO 9605489 A	22-02-96	AU 3349595 A EP 0775299 A	07-03-96 28-05-97
WO 8703470 A	18-06-87	FR 2591470 A AU 598784 B AU 6739387 A BR 8607037 A CA 1281914 A EP 0250519 A JP 63501930 T US 4836674 A	19-06-87 05-07-90 30-06-87 01-12-87 26-03-91 07-01-88 04-08-88 06-06-89
EP 0560170 A	15-09-93	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR 97/00911

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 6 G01J3/50 H04N5/14

Selon la classification internationale des brevets (CIB) qu'à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 6 G01J H04N

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 5 495 429 A (CRAVEN ROBERT P M ET AL) 27 février 1996 voir colonne 1, ligne 12 - ligne 14 voir colonne 3, ligne 36 - colonne 4, ligne 17 voir colonne 15, ligne 6 - ligne 36 voir figure 1	1-3,7,8
Y	EP 0 562 745 A (MILLIKEN RES CORP) 29 septembre 1993 voir page 4, ligne 47 - page 8, ligne 37 voir figures 1,2	1-3,7,8
A	WO 90 00733 A (GARIBALDI PTY LTD) 25 janvier 1990 voir page 6, ligne 23 - ligne 35 voir figure 1	1

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou être pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

Z document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

30 octobre 1997

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

12.11.97

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Luck, W

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No
PCT/FR 97/00911

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 96 05489 A (UNIV HUDDERSFIELD ;CONNOLLY CHRISTINE (GB); LEUNG TIN WAH WILLIAM) 22 février 1996 voir page 9, ligne 8 - page 16, ligne 22 voir figure 1	1
A	--- SIMPSON M L ET AL: "IMAGING COLORIMETRY: A NEW APPROACH" APPLIED OPTICS, vol. 30, no. 32, 10 novembre 1991, pages 4666-4671, XP000241792 * tout le document *	1
A	--- PEYRUCA J -F: "LA MESURE DES COULEURS" MESURES REGULATION AUTOMATISME, no. 666, 1 juin 1994, pages 127-132, XP000455101 * tout le document *	1
A	--- WO 87 03470 A (BERTIN & CIE) 18 juin 1987 voir page 3, ligne 8 - ligne 16	1,4
X	--- EP 0 560 170 A (THOMSON CONSUMER ELECTRONICS) 15 septembre 1993 voir colonne 2, ligne 4 - ligne 10 voir figure 1 -----	19

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Der. le internationale n°

PCT/FR 97/00911

Cadre I Observations - lorsqu'il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (suite du point 1 de la première feuille)

Conformément à l'article 17.2)a), certaines revendications n'ont pas fait l'objet d'une recherche pour les motifs suivants:

1. ☐ Les revendications n^{os} se rapportent à un objet à l'égard duquel l'administration n'est pas tenue de procéder à la recherche, à savoir:
2. ☐ Les revendications n^{os} se rapportent à des parties de la demande internationale qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier:
3. ☐ Les revendications n^{os} sont des revendications dépendantes et ne sont pas rédigées conformément aux dispositions de la deuxième et de la troisième phrases de la règle 6.4.a).

Cadre II Observations - lorsqu'il y a absence d'unité de l'invention (suite du point 2 de la première feuille)

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs inventions dans la demande internationale, à savoir:

1. CLAIMS : 1-18

2. CLAIMS : 19-23

POUR PLUS D'INFORMATION VEUILLEZ CONSULTER LE FORMULAIRE PCT/ISA/206 ENVOY, LE 10.09.97

1. ☒ Comme toutes les taxes additionnelles ont été payées dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale porte sur toutes les revendications pouvant faire l'objet d'une recherche.
2. ☐ Comme toutes les recherches portant sur les revendications qui s'y prêtaient ont pu être effectuées sans effort particulier justifiant une taxe additionnelle, l'administration n'a sollicité le paiement d'aucune taxe de cette nature.
3. ☐ Comme une partie seulement des taxes additionnelles demandées a été payée dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur les revendications pour lesquelles les taxes ont été payées, à savoir les revendications n^{os}
4. ☐ Aucune taxe additionnelle demandée n'a été payée dans les délais par le déposant. En conséquence, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur l'invention mentionnée en premier lieu dans les revendications; elle est couverte par les revendications n^{os}

Remarque quant à la réserve

- ☐ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant
- ☒ Le paiement des taxes additionnelles n'était assorti d'aucune réserve.

